

Odkrywanie i poznawanie przez uczniów szkół gimnazjalnych i ponadgimnazjalnych świata nauk przyrodniczych w ramach strategii IBSE

Paulina Zimak

Strategię edukacyjną, którą postanowiono wdrażać w Społecznym Gimnazjum i Liceum STO w Zakopanem oraz w Państwowej Ogólnokształcącej Szkole Artystycznej w Zakopanem, jest strategia nauczania przedmiotów przyrodniczych przez dociekanie naukowe i odkrywanie (IBSE, ang. *Inquiry Based Science Education*). W ramach lekcji biologii, chemii, jak i innych przedmiotów przyrodniczych, ważne jest kształtowanie postawy uczeń-badacz obserwator. Punktem wyjścia do działań w ramach strategii IBSE mogą stać się treści przyrodnicze dotyczące różnych poziomów biochemicznej organizacji życia, anatomii i fizjologii organizmów, mechanizmów i procesów bio-fizyko-chemicznych.

Postanowiono sprawdzić, jak nauczanie z zastosowaniem strategii IBSE sprawdzi się na płaszczyźnie codziennej praktyki szkolnej na III i IV etapie edukacyjnym. Inspirację do tego typu rozważań stanowił projekt naukowy Allosphere'a zrealizowany na Uniwersytecie Santa Barbara w Kalifornii [1, 2, 3]. Projekt ten łączy naukę, sztukę, technikę, w obszarze biologii, chemii, fizyki i wielu innych dyscyplin naukowych. „Allosphere (...) można porównać do mikroskopu podłączonego do superkomputera, wewnątrz którego pola widzenia naukowcy mogą stać na mostku i obserwować dane od środka, (np. grupa fizyków obserwować wizualizację wnętrza atomu), widzieć i słyszeć prezentację spinu elektronu; chirurg może obserwować wizualizację wnętrza mózgu” [1, 2, 3].

Niniejszy artykuł stanowi propozycję ww. działań metodycznych w ramach kształcenia przyrodniczego.

Zgodnie z podstawą programową kształcenia biologicznego oraz programami nauczania przedmiotów przyrodniczych w klasie pierwszej gimnazjum wprowadza się elementy metodyki badawczej. W podstawie programowej określono w grupie wymagań ogólnych następujące cele kształcenia:

II. Znajomość metodyki badań biologicznych. Uczeń planuje, przeprowadza i dokumentuje obserwacje oraz proste doświadczenia biologiczne; określa warunki doświadczenia; rozróżnia próbę kontrolną i badawczą; formułuje wnioski.

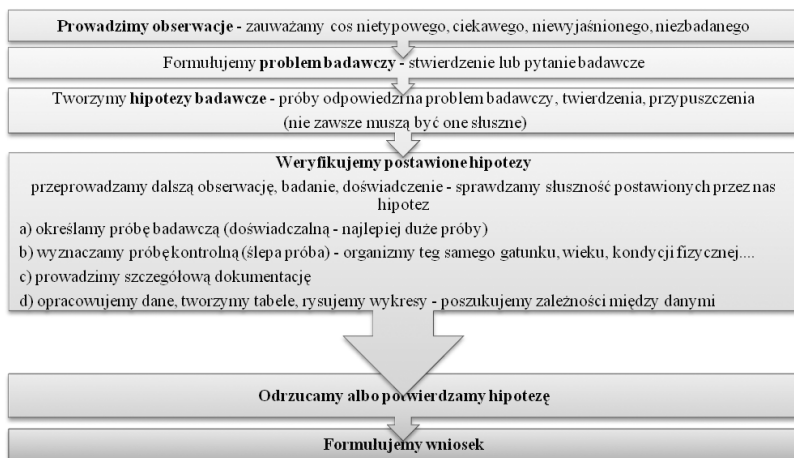
W programie nauczania „Puls życia” przedstawiono następujące cele:

Po zakończeniu etapu edukacji uczeń:

- stawia hipotezy i omawia wnioski z doświadczeń dotyczących wybranych czynności życiowych roślin,

- samodzielnie projektuje doświadczenia,
- posługuje się sprzętem podczas wykonywania doświadczeń,
- analizuje i ocenia wyniki obserwacji oraz doświadczeń,
- wyszukuje informacje niezbędne do interpretowania wyników doświadczeń [5].

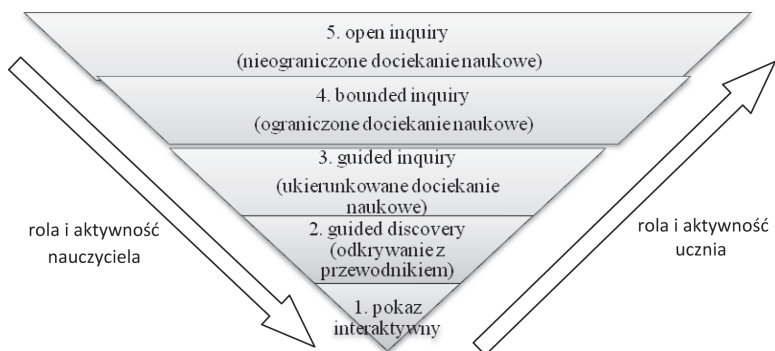
Podczas własnych lekcji zaobserwowano, że uczniowie mają często problem ze sformułowaniem problemu badawczego, hipotez badawczych, dlatego zasadne wydaje się wprowadzanie metodyki badawczej od wczesnych etapów edukacyjnych. Dodatkowo analiza raportów maturalnych z ubiegłych lat, prowadzona przez Centralną Komisję Egzaminacyjną, wskazała na problemy uczniów z zadaniami dotyczącymi *sensu largo* metodyki badawczej [6]. Wykazano, że maturzyści rok rocznie mają problemy z zadaniami wymagającymi umiejętności wyjaśniania zależności przyczynowo-skutkowych pomiędzy prezentowanymi faktami biologicznymi, z planowaniem i interpretowaniem wyników doświadczeń i wnioskowaniem. Z analizy odpowiedzi zdających wynika, że maturzyści nie odróżniają hipotezy badawczej od problemu badawczego, podając problem badawczy zamiast hipotezy [6]. W związku z powyższymi wymaganiami i problemami na lekcjach przedmiotów przyrodniczych można z uczniami wyprowadzić opracowane przez autorkę, ABC postępowania naukowca (Schemat 1).



Schemat 1. ABC postępowania naukowca biologa – na czym polega metoda naukowa?

Przyswajanie i powtarzanie gotowych wzorców nie prowadzi do pełnego zrozumienia i opanowania materiału przedmiotu, zamyka też drogę do dalszego kształcenia się w danej dziedzinie – drogę do zostania naukowcem [4]. Gruntowne zrozumienie danego zagadnienia i ukształtowanie danych

umiejętności jest możliwe poprzez poszukiwanie odpowiedzi, w tym dociekanie naukowe, podczas prowadzenia doświadczeń i eksperymentów tak badawczych, jak i myślowych. Nauczenie uczniów strategii IBSE wymaga z całą pewnością czasu i praktyki. Ważne w kształtowaniu samodzielności i aktywności uczniów jest stosowanie gradacji aktywności opartych na dociekanu naukowym [7, 8] (Schemat 2). W celu ukazania zmieniającej się roli nauczyciel-uczeń, w trakcie procesu kształtowania aktywności IBSE zaproponowano model odwróconej piramidy. Model ten przedstawia pięć poziomów aktywności, ponadto wskazuje kierunek i zakres ich rozwijania.



Schemat 2. Model odwróconej piramidy rodzajów aktywności IBSE na podstawie [1, 3] opracowanie własne.

Przykładowo, w gimnazjum i liceum tematyka dotycząca: mieszanin barwników naturalnych i sztucznych, sposobów odżywiania się organizmów, związków chemicznych w organizmach żywych, daje sposobność do wprowadzenia elementów metodyki badawczej. Poniżej przedstawiono kilka propozycji metodycznych do zrealizowania na lekcjach bądź kółkach przedmiotowych w ramach aktywności IBSE 2 i 3 (Schemat 2).

Aktywność nr 2. Odkrywanie z przewodnikiem – *Guided discovery*

Kontekst

W przyrodzie i w życiu codziennym występuje wiele barwników naturalnych i sztucznych. Jak rozdzielić te mieszaniny różnych barwników? Jak poznać ich składowe? Jak zaprojektować pożądane cechy np. tuszów, atramentów?

Pytania badawcze

Jakie barwniki zawarte są w liściach koperku i pietruszki?

Czy takie same barwniki znajdują się w liściach koperku i natce pietruszki?

Czy każdy czarny tusz jest taki sam?

Tusze kolorowe... co się za nimi kryje?

Przykłady hipotez

W liściach koperku i pietruszki znajdują się zielone barwniki (chlorofil).
W liściach koperku i pietruszki znajdują się *takie same* / *różne* barwniki.
Czarne tusze *są* / *nie są* takie same. Czarne tusze mają różne natężenie barwy.
Kolorowe tusze składają się z mieszaniny *różnych barwników* / *składają się z jednego barwnika*, którym jest kolor danego pisaka.

Metody weryfikacji hipotez

Doświadczenie 1a. Chromatografia cienkowarstwowa barwników naturalnych zawartych w liściach pietruszki i koperku.

Doświadczenie 1b. Chromatografia cienkowarstwowa barwników sztucznych zawartych w wkładach do piór, pisaków, długopisów.

Aby sprawdzić, czy mamy do czynienia z mieszaniną, należy zastosować metody rozdzielu mieszanin. W celu identyfikacji barwnika(ów) występujących w liściach albo tuszach należy wykonać rozdział ewentualnych mieszanin barwników naturalnych oraz mieszanin barwników sztucznych z użyciem chromatografii cienkowarstwowej TLC i porównać ich rozmieszczenie na płycie (fot 1, 2, 3).



Fot. 1

Fot. 2

Fot. 3

Fot 1. Chromatografia cienkowarstwowa – barwników roślinnych zawartych w liściach natki pietruszki i koperku.

Fot. 2. Czy każdy czarny tusz jest taki sam? P – atrament Parker; C1 – cienkopis Esquise; C2 – cienkopis Crystal; F – flamaster.

Fot. 3. Tusze kolorowe... co się za nimi kryje? Kolory plamek flamastrów (pierzotne): Z – zielony; B – brązowy; R – różowy; P – pomarańczowy; N – niebieski. (fot. Natalia Regulska).

Wnioski

1. Liście natki pietruszki i liście koperku zawierają jednakowe zestawy barwników fotosyntetycznych (liceum: Rf – współczynnik retencji).
2. Czarne tusze są mieszaniną różnych substancji charakteryzujących się różnymi kolorami (różne grupy barwne) – użyte czarne tusze nie są identyczne.

3. Atrament czarny firmy *Parker* składa się z największej liczby składników – sześciu; cienkopisy z czterech, flamaster z trzech (*Wpływ na jakość i cenę produktu?*).
4. Chromatografia cienkowarstwowa to szybka metoda rozdzielu mieszanin substancji.
5. W celu lepszego rozdzielu mieszanin substancji – składowych czarnych tuszów – należy zmodyfikować proporcje cieczy w eluencie.
6. Kolory flamastrów – stanowią mieszaninę różnych substancji z dominacją substancji mającej stanowić kolor danego flamastra.

Aktywność nr 2. Odkrywanie z przewodnikiem – *Guided Discovery*

Kontekst

Jesteście światowymi plantatorami (ogrodnikami) biomasy roślinnej. Zastanawiacie się, jakie obszary w Polsce będą odpowiednie do prowadzenia upraw roślin.

W okresie jesienno-zimowym wiele osób choruje, jest przeziębionych. Aby zapobiec chorobie wiele z nich sięga po witaminy, głównie witaminę C. Część osób spożywa owoce jako naturalne źródło tej witaminy. Które owoce proponujecie?

Pytania badawcze

Czy nasłonecznienie wpływa na wydajność fotosyntezy?

W jakich ilościach powstaje skrobia w liściach w różnych warunkach nasłonecznienia?

Jaka jest zawartość witaminy C w różnych produktach spożywczych?

Przykłady hipotez

W różnych warunkach nasłonecznienia powstają różne ilości skrobi w liściach.

Zawartość witaminy C zależy od rodzaju produktu spożywczego.

Metody weryfikacji hipotez

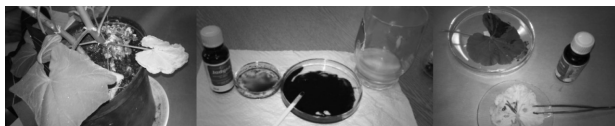
Doświadczenie 2. *Badanie obecności skrobi w liściach pelargonii.*

Obecność i ilość skrobi w liściach (zasłoniętym i kontrolnym) pelargonii można wykryć przy użyciu jodyny (fot. 4). Można prowadzić analizę makroskopową po zdjęciu skórki (epidermy) liścia bądź wykonać preparat mikroskopowy i w polu widzenia sprawdzić wielkość oraz ilość ziaren skrobi.

Doświadczenie 3. *Badanie zawartości witaminy C w różnych produktach spożywczych.*

Zawartość witaminy C w różnych produktach spożywczych (soki jabłkowe, pomarańczowe, cytryna, papryka) można wykryć poprzez ilościową reakcję odbarwiania mieszaniny skrobi z jodyną po dodaniu witaminy C (fot. 5) Ilość dodanego soku wskaże, gdzie jest większa zawartość witaminy C; im

mniej soku dodano do momentu odbarwienia się mieszaniny tym większa zawartość witaminy C w produkcie. Można też przekroić na przykład bulwę ziemniaka na ćwiartki / plasterki i pokropić tą samą ilością soku z różnych produktów, sprawdzając, po jakim czasie nastąpi ściemnienie skrawków ziemniaka (im później, tym większa zawartość witaminy C w soku albo im słabsze natężenie ciemniejącego ziemniaka).



Fot. 4. Wykrywanie skrobi w liściach pelargonii.



Fot. 5. Oznaczanie zawartości witaminy C w różnych produktach spożywczych.

Obserwacje zestawia się w tabeli:

Produkt	Liczba kropli dodanych do odbarwienia skrobi i jodyny	Czas, po jakim nastąpi ściemnienie plasterków ziemniaka [min]
sok z cytryny		
sok z pomarańczy		
sok z jabłek		
sok z papryki		
.....		

Wnioski

1. W liściu zasłoniętym (etiolowanym) powstaje mniej skrobi niż w liściu kontrolnym.
2. Zawartość witaminy C jest różna w różnych produktach (najwięcej..., najmniej ...).

Aktywność nr 2. Odkrywanie z przewodnikiem – *Guided discovery*

Kontekst

Wyobraźcie sobie, że jesteście sportowcami. W celu osiągnięcia wysokich wyników sportowych Wasz trener zalecił kontrolę zawartości różnych spożywanych przez Was składników, w tym tłuszczów (lipidów).

Pracujecie w laboratorium analiz jakości żywności. Wasze zadanie polega na sprawdzeniu gęstości mleka z dwóch próbek.

Problem badawczy

Czy gęstość mleka 3,2% i 2% jest taka sama?

samo mleko				samo mleko			
Mleko UHT zawartość tłuszczu 2,0%				Mleko UHT zawartość tłuszczu 3,2%			
1 Litr				0,5 Litra			
Wartość odżywcza produktu:	w 100 ml	w przeliczeniu na 1 porcję (250 ml)	% wskazanego dziennego spożycia	Wartość odżywcza produktu:	w 100 ml	w przeliczeniu na 1 porcję (250 ml)	% wskazanego dziennego spożycia
wartość energetyczna	208 kJ / 50 kcal	520 kJ / 125 kcal	8%	wartość energetyczna	253 kJ / 60 kcal	633 kJ / 152 kcal	8%
białko	3,2 g	8,0 g	16%	białko	3,2 g	8,0 g	16%
węglowodany	4,7 g	11,8 g	4%	węglowodany	4,7 g	11,8 g	4%
tłuszcz	2,0 g	5,0 g	7%	tłuszcz	3,2 g	8,0 g	17%
**%GDA - % Wskazanego Dziennego Spożycia dla osoby dorosłej.				**%GDA - % Wskazanego Dziennego Spożycia dla osoby dorosłej. Indywidualne zapotrzebowanie na poszczególne			

Fot. 6. Porównanie etykiet mleka 2% i 3,2%.

Mleko 3,2% zawiera więcej tłuszczu niż mleko 2% (3,2 g tłuszczu na 100 ml mleka w porównaniu z 2 g tłuszczu na 100 ml mleka. Wszystkie inne składniki występują w takiej samej zawartości (fot. 6).

Hipoteza badawcza

Gęstość mleka 3,2% jest większa od gęstości mleka 2%.

Materiały i przyrządy: mleko firmy X 3,2% tłuszczu, mleko firmy X 2,0% tłuszczu, waga elektroniczna, zlewka, cylinder miarowy, termometr.

Instrukcja wykonania doświadczenia:

1. przygotować wagę elektroniczną, cylinder miarowy i termometr,
2. zmierzyć temperaturę otoczenia, w którym wykonuje się pomiar,
3. zważyć cylinder miarowy na wadze i wytarować ją,
4. nalać 100 ml mleka 3,2%, zważyć i powtórzyć ten krok trzy razy, wszystkie wyniki zapisać,
5. umyć i osuszyć cylinder miarowy i ponownie nalać 100 ml mleka 2,0% zważyć trzy razy i zapisać wynik,
6. posprzątać stanowisko pracy, umyć cylinder miarowy i wyliczyć gęstość mleka.

		mleko 2,0% tłuszczu	mleko 3,2% tłuszczu
Wyniki pomiarów	Masa mleka m		
	Objętość mleka V		
Niepewność pomiarowa	$\Delta m =$		
	$\Delta V =$		
Obliczenia	$d = m/V$		
Niepewność pomiarowa gęstości mleka	$d_1 = \frac{m - \Delta m}{V + \Delta V}$		
	$\Delta d_1 = d - d_1$		
	$d_2 = \frac{m + \Delta m}{V - \Delta V}$		
	$\Delta d_2 = d_2 - d$		

Wynik doświadczenia

Gęstość mleka 3,2% wynosi $1,055 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} \pm 0,01 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, a gęstość mleka 2% wynosi $1,021 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} \pm 0,01 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, w temperaturze otoczenia $24,5^\circ\text{C}$.

Wniosek

Gęstość mleka 3,2% jest większa niż mleka 2% w temperaturze otoczenia $24,5^\circ\text{C}$ (z uwzględnieniem niepewności pomiarowych).

Aktywność nr 3. Ukierunkowane dociekanie naukowe - Guided inquiry
praca z uczniem zdolnym – praca projektowa

Kontekst

Planujecie otworzyć kawiarnię. Zastanawiacie się, jakie zamówić kubki na kawę. Chcecie, by kawa nie stygła za szybko, a klienci mogli spożywać ciepłą kawę w chłodne dni, np. w drodze do pracy.

Tytuł doświadczenia

Badanie zależności temperatury od czasu w trakcie stygnięcia wody znajdującej się w różnych pod względem izolacji termicznej naczyniach.

Problem badawczy

Jak zmienia się temperatura wody stygnącej w różnych, pod względem izolacji termicznej, naczyniach?

Hipotezy badawcze

Zmiana temperatury wody zależy od rodzaju materiału, z jakiego wykonane jest naczynie.

Sprzęt i odczynniki: kubek drewniany, metalowy, porcelanowy, styropia-

nowy, szklany, termiczny (wszystkie mające średnicę około $\varnothing=7,5$ cm, podobną wysokość) termometr Vernier, komputer (do odczytu z termometru Verniera), czajnik elektryczny, woda, program Go! Temp.

Opis wykonania doświadczenia:

1. Zapoznajemy się z instrukcją działania programu Go! Temp, specyfikacją czujnika termicznego.
2. Podpinamy kabel USB czujnika termicznego do komputera.
3. Włączamy komputer.
4. Włączamy program Go! Temp, kalibrujemy i zadajemy programowi częstotliwość pomiarów i czas prowadzenia pomiaru.
5. Wykonujemy pomiar temperatury otoczenia.
6. Gotujemy wodę do wrzenia w czajniku elektrycznym (100°C).
7. Wlewamy do kubka termicznego wrzątek, wkładamy termometr Vernier (podpięty do komputera) do naczynia i kontrolujemy pomiar rejestrowany przez komputer w zadanym przez nas okresie czasu (np. 30 min., 50 min bądź do osiągnięcia temperatury otoczenia itp.).
8. Wykonujemy pomiar.
9. Wylewamy wodę z naczynia.
10. Ponownie gotujemy wodę do wrzenia, wlewamy do kubka szklanego.
11. Mierzmy temperaturę przez 50 min.
12. Wylewamy wodę.
13. Ponownie gotujemy wodę do wrzenia, wlewamy do kubka porcelanowego, mierzymy temperaturę przez 50 min.

Pomiary powtarzamy dla pozostałych kubków w w/w sposób.

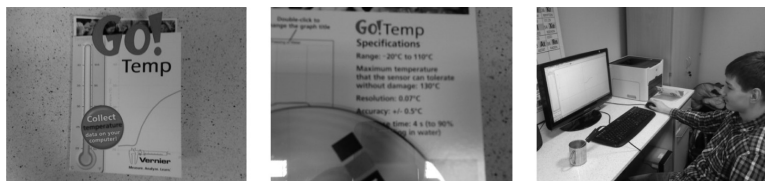
Wszystkie wyniki temperatur zapisujemy w programie Go! temp jako plik o rozszerzeniu .cmbl a dane pomiarowe eksportujemy jako plik .txt.

Fot. 7 – 9. Sposób przeprowadzenia doświadczenia - dokumentacja fotograficzna.

Wyniki

Pomiary wykonano w temperaturze otoczenia 24,5°C.

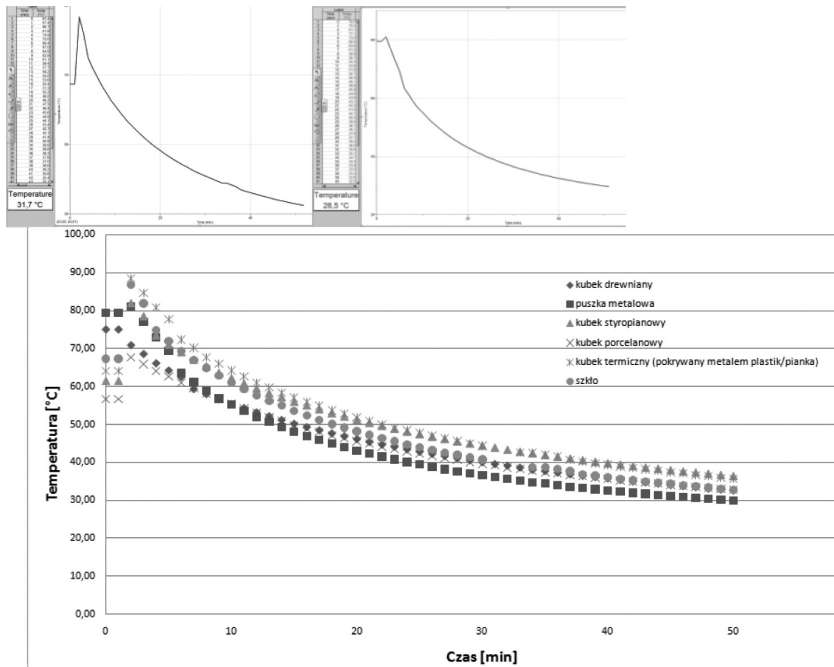
Na wykresach przedstawiono kolejno - kubek: szklany, porcelanowy, termiczny, drewniany, puszka metalowa, styropianowy (fot. 9).



Fot. 7. Faza przygotowawcza do badań. Zapoznanie z parametrami czujnika Vernier i programem Go! Temp.



Fot. 8. Pomiar temperatury w funkcji czasu przy użyciu czujnika termicznego Vernier (wg kolejności szybkości schładzania wody w kubkach wykonanych z różnego rodzaju substancji; od przewodników ciepła do izolatorów).



Fot. 9. Wyniki pomiarów (zmiany temperatury w czasie stygnięcia wody).

Wnioski

1. Wraz z upływem czasu, temperatura wody we wszystkich naczyniach maleje w kolejności:
 - a) najszybciej w kubku metalowym,
 - b) szybko w kubku porcelanowym,
 - c) średnio w kubku szklanym,
 - d) średnio w kubku drewnianym,
 - e) wolniej w kubku termicznym,
 - f) najwolniej w kubku ze styropianu.

2. Po 50 minutach woda jest najzimniejsza w kubku metalowym a najcieplejsza w styropianowym.
3. Pięć kubków jest izolatorami ciepła (kubki z porcelany, drewna, styropianu, szkła i termiczny), a kubek z metalu jest przewodnikiem.
4. Wraz z upływem czasu temperatura wody maleje coraz wolniej, a kształt krzywych na wykresie jest paraboliczny.

Czy to na pewno metalowy kubek?



Fot. 10. Jak sprawdzić czy przedmiot jest wykonany z metalu?

W celu sprawdzeniu czy dany przedmiot jest wykonany w 100% z metalu, czy tylko pokryty warstewką metalową z zewnątrz a w środku znajduje się izolator, należy wykonać następujące doświadczenie:

- a) zagotować wodę do wrzenia,
- b) wlać wodę do kubka metalowego i badanego,
- c) następnie ostrożnie dotknąć kubków i porównać temperaturę zewnętrznych ścianek kubków.

Obserwacje

Pierwszy kubek jest gorący, można się poparzyć, drugi jest ciepły, ale można go trzymać w dłoniach bez poparzenia.

Wniosek

Metalowy kubek jest przewodnikiem ciepła. Drugi kubek jest izolatorem ciepła.

Podsumowanie

Strategia IBSE aktywizuje młodzież do myślenia i postępowania zgodnie z metodyką naukowo-badawczą. Sprawia, że uczniowie uczą się poszukiwać, poznawać i odkrywać świat nauk przyrodniczych. W sposób naturalny rozwijane są procesy uczenia się, kształtujące postawę otwartości do podejmowania próby zmierzenia się z nowym zadaniem [9]. Lekcje stają się znacznie bardziej interesujące. Nowe, ciekawe informacje stymulują neurogenezę w hipokampie [10]. Wszystko co nieznane, nietypowe, tajemnicze, nie do końca wyjaśnione, przyciąga naszą uwagę, w związku z czym może stać się dobrą podwaliną do podjęcia nauczania zgodnie z strategią IBSE.

Nie oznacza to jednak, że pozornie zwyczajne zagadnienia nie mogą zostać ciekawie ukazane przez ich badawcze odkrycie i poznanie.

Wdrażając strategię IBSE w opisywanych szkołach zauważono, że uczniowie wykazują duże zaangażowanie, chętniej występują na forum klasy przedstawiając swoje pomysły i dyskutują ze sobą. Z całą pewnością strategia ta, zwłaszcza osiągnięcie wyższych aktywności, to znaczy: ograniczone i nieograniczone dociekanie naukowe (*bounded inquiry and open inquiry*) wymaga czasu i stopniowego wdrażania uczniów w proces myślenia naukowego, przyzwyczajania ich do większej aktywności własnej i kreatywności, nie mniej jest bardzo ciekawą propozycją dla praktyki szkolnej. Strategia ta daje szerokie spektrum możliwości do pracy z uczniem zdolnym i do realizacji różnych projektów szkolnych, w tym gimnazjalnych.

Literatura

1. <http://www.allosphere.ucsb.edu/> (przeglądano 07.03.2013).
2. <http://pl.wikipedia.org/wiki/AlloSphere> (przeglądano 07.03.2013).
3. <http://www.allosphere.ucsb.edu/about.php> (przeglądano 07.03.2013).
4. Zdziennicka, A. (2009). Program nauczania biologii w gimnazjum. Puls życia.
5. Nodzyńska, M.; Paśko J.R. (2012). Projektowanie doświadczeń wspomaganych komputerowo jako jeden z elementów kształcenia nauczycieli chemii oraz wpływ tego typu doświadczeń na wyobrażenia uczniów o strukturze materii z http://www.up.krakow.pl/ktime/symp2012/referaty_2012_10/nodzyns.pdf (przeglądano 07.03.2013).
6. Raporty maturalne CKE:
http://www.cke.edu.pl/images/stories/0000000000000000002012_matura2012/2012_Matura.pdf (przeglądano 07.03.2013).
http://www.cke.edu.pl/images/stories/00002011_matura/raport_2011.pdf
http://www.cke.edu.pl/images/stories/001_Matura/WYNIKI/raport_matura_2010.pdf (przeglądano 07.03.2013).
http://www.cke.edu.pl/images/stories/Wyniki_09/raport_matura_2009.pdf
7. Bernard P., Białas A., Broś P., Ellermeijer T., Kędzierska E., Krzeczowska M., Maciejowska I., Odrowąż E., Szostak E. (2012). *Podstawy metodologii IBSE* [w:] Nauczanie przedmiotów przyrodniczych kształtujące postawy i umiejętności badawcze uczniów http://www.zmnch.pl/files/IBSE/1_Podstawy_metodologii_IBSE.pdf (przeglądano 07.03.2013).
8. Maciejowska, I. (2011). IBSE jako najbardziej modna strategia edukacyjna [w:] M. Nodzyńska (red.). *Dydaktyka chemii (i innych przedmiotów przyrodniczych) od czasów alchemii po komputery*. Zakład Chemii i Dydaktyki Chemii, Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie, s. 80-86.

9. Zimak, P., Nodzyńska, M. (2012). Neurobiological and didactic aspects of the process of education as a key to didactic success [w:] Paweł Cieśla i in. (red.). Education in the Light of the Research, Kraków: Uniwersytet Pedagogiczny, s. 132-144.
10. Gage, F.H., Muotri, A.R. (2012). Dlaczego każdy mózg jest inny? [w:] E. Wieteska (red.), Scientific American. polska edycja. Świat Nauki. kwiecień 2012 nr 4 (248). Warszawa: Prószyński Media, 24,25.